

#3



684.2834

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: )  
HIROSHI SATO ) Examiner: Unassigned  
Appln. No.: 09/300,845 ) Group Art Unit: 2877  
Filed: April 28, 1999 )  
For: PROJECTION EXPOSURE ) July 22, 1999  
APPARATUS AND DEVICE )  
MANUFACTURING METHOD )  
USING THE SAME )

Box Missing Parts  
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

**ATTENTION: APPLICATION PROCESSING DIVISION, SPECIAL  
PROCESSING AND CORRESPONDENCE BRANCH**

CLAIM TO PRIORITY

Sir:


Applicant hereby claims priority under the  
International Convention and all rights to which he is  
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following  
Japanese Priority Application:

10-136170      Japan      April 30, 1998.

A certified copy of the priority document is  
enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our below listed address.

Respectfully submitted,

  
Attorney for Applicant

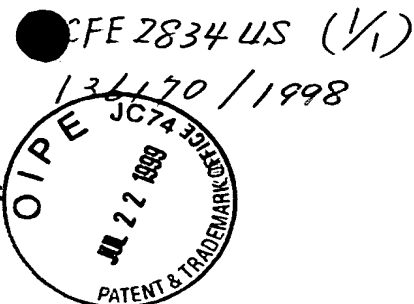
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

F511\W187225\SEW\lmj

0300,845  
Hiroshi Sato  
April 28, 1999

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1998年 4月30日

出願番号

Application Number:

平成10年特許願第136170号

出願人

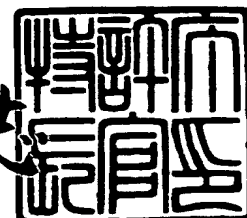
Applicant (s):

キヤノン株式会社

1999年 5月28日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3034576

【書類名】 特許願

【整理番号】 3653042

【提出日】 平成10年 4月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/30

【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

【請求項の数】 12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 佐藤 洋

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086818

【弁理士】

【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009623

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703877

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パターンが形成されたレチクルを照明する照明光学系と、該パターンを基板上に投影する投影光学系と、該投影光学系に入射する照明光の角度分布を測定する測定手段とを有し、該測定手段の測定結果に基づいて、前記照明光学系の一部の光学部材を光軸方向に移動させることにより、前記投影光学系に入射する照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記照明光学系はオプティカルインテグレータと被照射面を制限するためのマスキング手段を有し、前記光学部材は該オプティカルインテグレータとマスキング手段との間にあるレンズ部材であることを特徴とする請求項 1 の投影露光装置。

【請求項 3】 前記照明光学系は照明条件を変更した際に発生する投影光学系に入射する照明光の角度分布の倍率的变化が補正可能であるとともに、投影光学系に入射する照明光の角度分布のシフト的变化、又は被照射面上の照度分布の変化の両方の変化、あるいは少なくとも一方の変化の計 3 項目あるいは計 2 項目の変化を互いに独立に補正する機能を有していることを特徴とする請求項 1 又は 2 の投影露光装置。

【請求項 4】 前記照明光学系は前記オプティカルインテグレータに入射する照明光の角度を変更する変更手段を有し、該変更手段は照明条件を変更した際に、前記投影光学系に入射する照明光の角度分布をある所定の方角へほぼ一律にシフトさせていることを特徴とする請求項 3 の投影露光装置。

【請求項 5】 前記変更手段は前記オプティカルインテグレータの光源側に設けた光学系と、該光学系を移動、もしくは挿脱する機構を有していることを特徴とする請求項 4 の投影露光装置。

【請求項 6】 前記測定手段からの結果をフィードバックして前記光学部材を駆動し、照明光の角度分布を補正することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項の投影露光装置。

【請求項 7】 前記測定手段は、前記マスクキング手段又はマスクング手段の光学的共役面に対し所定の量だけ光軸方向に移動させた位置であって、前記基板上に設けられた照度計、あるいは撮像素子を有していることを特徴とする請求項 6 の投影露光装置。

【請求項 8】 前記測定手段は前記基板近傍に設けた光量検知手段を有し、該光量検知手段は微小開口のレチクルパターンを基板上に投影し、該レチクルパターンの被照射面におけるフォーカス毎の像ずれを検知していることを特徴とする請求項 6 の投影露光装置。

【請求項 9】 前記測定手段は、微小開口のレチクルパターンを基板上に投影露光し、レジスト等の感光材を塗布した基板に焼き付けられたレチクルパターンのフォーカス毎の像ズレを SEM（走査電子顕微鏡）等で観察する構成を有していることを特徴とする請求項 6 の投影露光装置。

【請求項 10】 前記投影露光装置は前記照明光の角度を変更する変更手段の位置および状態を検出する検出機構と記憶する記憶機構を有し、必要に応じて前記変更手段を記憶された最適な位置に駆動させていることを特徴とする請求項 4 又は 5 の投影露光装置。

【請求項 11】 前記投影光学系に入射する照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させたときに発生する被照射面の照度分布変化を補正する補正手段を有することを特徴とする請求項 1～10 のいずれか 1 項の投影露光装置。

【請求項 12】 請求項 1 から 11 のいずれか 1 項記載の投影露光装置を用いてレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法に関し、具体的には被照射面を設けた第 1 物体面上のパターンを投影光学系により第 2 物体面上に投影露光する際、被照射面での光強度分布（照度分布）及びテレセン度（光束の

重心位置のずれ又は有効光源の中心のずれ)を適切に設定し、高い解像度が容易に得られるステップアンドリピート方式又はステップアンドスキャン方式を利用してデバイスを製造する際に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子の製造用の投影露光装置では、超LSIの高集積化に伴い、投影露光装置にはこれまで以上に高解像度が要求されるようになってきている。このために、斜入射照明や位相シフトマスクと呼ばれる超解像結像技術が提案されている。このような照明法では、照明光学系の開口絞りを変更することで $\sigma$ 値(投影光学系のNAと照明光学系のNAの比)を小さくしたり、輪帯形状や四重極形状のような特殊な形状の2次光源を形成している。

【0003】

また、半導体素子の製造用の投影露光装置ではテレセントリック光学系になっており、ウエハーなどの基板がデフォーカスしても投影パターン像のズレがほとんど生じないようにしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

最近の超LSIの高集積化に伴い、回路パターンの焼き付けには極めて高い転写が要求されており、投影光学系に入射する照明光の角度分布をこれまで以上に適切にすることがより重要となってきている。投影光学系に所定の角度関係を持つ照明光を供給できないと、ウエハーをデフォーカスした際の投影パターン像のズレとして現れてくる。

【0005】

光軸中心に倍率的な照明光の入射角度のズレ(以後、倍率テレセン、および倍率テレセンのズレ、と呼ぶ)はウエハーをデフォーカスした際、焼き付けられたパターンに倍率成分のズレが生じさせる。この概念図を図2に示す。

【0006】

図2において16は投影光学系、18は基板(ウエハ)、Laは光軸である。シフト的な照明光の入射角度のズレ(以後、軸上テレセン、および軸上テレセン

のズレ、と呼ぶ)はウエハー18をデフォーカスした際、焼き付けられたパターンにシフトしたズレを生じさせる。この概念図を図3に示す。

【0007】

従来多くの投影露光装置ではある標準的な照明モードAで最も最適な角度特性の照明光が供給できるように照明系の各要素の位置を調整している。しかしながら、斜入射照明法や小 $\sigma$ 値等の照明モードAとは異なる照明モードBに変えたときには、照明系の各要素が照明モードAと同じでは必ずしも照明光の角度が適切とはならなかった。これは各々の照明モードで光路が異なるため、光学素子の反射防止膜のムラやレンズ系の偏心の影響が異なることによる。

【0008】

投影露光装置においては、光学素子に用いられている反射防止膜の効果が光線の角度により異なるため、照明モードを切り替えることにより倍率テレセンのズレが生じていた。また同様に照明モードを切り替えると、ミラーによる折り返しでの反射ムラや光学系の偏心の影響が異なってくるため、軸上テレセンのズレも発生していた。

【0009】

また、このような倍率テレセンや軸上テレセンを光学系の駆動によって補正すると、被照射面での照度分布も変化を起こしてしまい、照度ムラが悪化してしまうという問題が発生する。これらを同時に補正することは従来の露光装置では困難であった。

【0010】

本発明は、照明モードや照明条件を種々と変更した際に発生する倍率テレセンのズレ、および軸上テレセンのズレを互いに独立に補正することによって、照明光を最適な角度で供給することができ、高解像度のパターン像が得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0011】

また、これらを補正するための一手段として、照射光の角度分布を測定する機能を用い、その測定結果を元にフィードバック補正を行えるようにしている。

【0012】



さらに、以上のようなテレセンのズレを補正することによって発生した照度ムラを、テレセン補正の機能とは独立に補正する機構を構成することで、被照射面での照度均一性をも保ち、レチクル面上の各種のパターンをウエハー面上に安定して高い解像力で投影できる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明の投影露光装置は、

(1-1) パターンが形成されたレチクルを照明する照明光学系と、該パターンを基板上に投影する投影光学系と、該投影光学系に入射する照明光の角度分布を測定する測定手段とを有し、該測定手段の測定結果に基づいて、前記照明光学系の一部の光学部材を光軸方向に移動させることにより、前記投影光学系に入射する照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させることを特徴としている。

【0014】

特に、

(1-1-1) 前記照明光学系はオプティカルインテグレータと被照射面を制限するためのマスキング手段とを有し、前記光学部材は該オプティカルインテグレータとマスキング手段との間にあるレンズ部材であること。

【0015】

(1-1-2) 前記照明光学系は照明条件を変更した際に発生する投影光学系に入射する照明光の角度分布の倍率的変化が補正可能であるとともに、投影光学系に入射する照明光の角度分布のシフト的变化、又は被照射面上の照度分布の変化の両方の変化、あるいは少なくとも一方の変化の計3項目あるいは計2項目の変化を互いに独立に補正する機能を有していること。

【0016】

(1-1-3) 前記照明光学系は前記オプティカルインテグレータに入射する照明光の角度を変更する変更手段とを有し、該変更手段は照明条件を変更した際に、前記投影光学系に入射する照明光の角度分布をある所定方向へほぼ一律にシフトさせていること。

【0017】

(1-1-4) 前記変更手段は前記オプティカルインテグレータの光源側に設けた光学系と、該光学系を移動、もしくは挿脱する機構を有していること。

【0018】

(1-1-5) 前記測定手段からの結果をフィードバックして前記光学部材を駆動し、照明光の角度分布を補正すること。

【0019】

(1-1-6) 前記測定手段は、前記マスクキング手段又はマスクング手段の光学的共役面に対し所定の量だけ光軸方向に移動させた位置であって、前記基板上に設けられた照度計、あるいは撮像素子を有していること。

【0020】

(1-1-7) 前記測定手段は前記基板近傍に設けた光量検知手段を有し、該光量検知手段は微小開口のレチクルパターンを基板上に投影し、該レチクルパターンの被照射面におけるフォーカス毎の像ずれを検知していること。

【0021】

(1-1-8) 前記測定手段は、微小開口のレチクルパターンを基板上に投影露光し、レジスト等の感光材を塗布した基板に焼き付けられたレチクルパターンのフォーカス毎の像ズレをSEM（走査電子顕微鏡）等で観察する構成を有していること。

【0022】

(1-1-9) 前記投影露光装置は前記照明光の角度を変更する変更手段の位置および状態を検出する検出機構と記憶する記憶機構を有し、必要に応じて前記変更手段を記憶された最適な位置に駆動させていること。

【0023】

(1-1-10) 前記投影光学系に入射する照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させたときに発生する被照射面の照度分布変化を補正する補正手段を有すること。

等の特徴としている。

【0024】

本発明のデバイスの製造方法は、

(2-1)構成(1-1)のいずれか1項記載の投影露光装置を用いてレチクル面上のパターンを投影光学系によりウエハ面上に投影露光した後、該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0025】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の実施形態1の要部概略図である。本実施形態はサブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ用のステップアンドリピート方式、又はステップアンドスキャン方式の投影露光装置に適用した場合を示している。

【0026】

図中、1は水銀ランプ等の光源としての発光管であり、紫外線及び遠紫外線等を放射する高輝度の発光部1aを有している。発光部1aは楕円ミラー2の第1焦点又はその近傍に配置している。発光部1aは、その第2焦点4に結像される。

【0027】

3はコールドミラーであり、多層膜より成り、大部分の赤外光を透過すると共に大部分の紫外線を反射させている。楕円ミラー2はコールドミラー3を介して第2焦点4又はその近傍に発光部1aの発光部像(光源像)1bを形成している。

【0028】

5は光学系であり、コンデンサーレンズやコリメータレンズそしてズームレンズなどから成り、第2焦点4又はその近傍に形成した発光部像1bを光学系6を介して、オプティカルインテグレータ7の入射面7aに結像させている。光学系6は光学系駆動装置34により移動、もしくは挿脱可能となっている。

【0029】

オプティカルインテグレータ7は断面が4角形状の複数の微小レンズを2次元的に所定のピッチで配列して構成しており、その射出面7b近傍に2次光源を形成している。オプティカルインテグレータ7の射出面7b近傍には絞り8が配置され、絞り駆動機構33により、絞り8の大きさ及び形状を可変としている。

【0030】

本実施形態では本出願人が先に特開平5-47626号公報や特開平5-47640号公報等で提案しているように、レチクル14上のパターン形状に応じて開口形状の異なった絞りを選択して用いて、投影光学系16の瞳面17に形成される光強度分布を種々と変えている。

【0031】

9はレンズ部材（光学部材）であり、駆動装置32によって光軸方向に移動させることによって照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させている。10は集光レンズであり、オブティカルインテグレータ7の射出面7b近傍の2次光源から射出した複数の光束を集光し、被照射面としてのマスキングブレード11面を均一に照射（重畳照射）している。マスキングブレード11は複数の可動の遮光板より成り、マスキングブレード駆動装置31により、任意の開口形状が形成されるようにしてレチクル14面上の照明範囲を規制している。

【0032】

13は結像レンズであり、途中ミラー12での反射を経てマスキングブレード11の開口形状を被照射面としてのレチクル14面に転写し、レチクル14面上の必要な領域を均一に照明している。レチクル14はレチクルステージ15によって保持されている。

【0033】

16はレチクル14上のパターンをウエハ（基板）18に縮小投影する投影光学系（投影レンズ）、17は投影光学系の瞳、18はレチクル14上の回路パターンが投影転写されるウエハー（基板）、19はウエハー18を保持し光軸方向に動くウエハーチャック、20はウエハーチャック19を保持して光軸と直交する平面に沿って2次元的に動くXYステージ、21は投影レンズ16やXYステージが置かれる定盤を示す。

【0034】

XYステージ20は後述する作用のため、所定量以上光軸方向に上下できる構造になっている。

【0035】

本実施形態における光学系では、発光部 1 a と第 2 焦点 4 とオブティカルインテグレータ 7 の入射面 7 a とマスキングブレード 11 とレチクル 14 とウェハース 18 とが共役関係である。また、絞り 8 の射出面と投影光学系 16 の瞳面 17 とが略共役関係となっている。

【0036】

22、23 はウェハース 18 の表面の光軸方向に関する位置（高さ）を検出するための面位置検出装置を示し、22 はウェハース 16 を照明する照明装置、23 はウェハース 18 から表面からの反射光を受け、ウェハース 18 の位置に応じた信号を出力する受光装置である。28 は照明装置 22 と受光装置 23 を制御する制御装置である。

【0037】

25 は XY ステージ 20 上に固設された反射鏡、26 は反射鏡 25 の反射面にレーザー光を当てて XY ステージ 20 の変位量を検出するレーザー干渉計、27 はレーザー干渉計 26 の出力を受け、XY ステージ 20 の移動を制御する駆動装置である。

【0038】

尚、駆動装置 27 は制御装置 28 を介してウェハース 18 の表面高さに関する面位置情報を受け、ウェハースチャック 19 を光軸方向に動かすことにより、ウェハース 18 の表面を投影レンズ系 16 によるレチクル 14 のデバイスパターンの結像面に合致させている。

【0039】

24 はウェハース 18 面上の照明光の角度分布及び照度分布を検出するための測定手段の一要素を構成するディテクター（照度計、検出器）であり、照射画面領域内を XY ステージ 20 の駆動と共に移動しながら照明光を受光し、その出力に対応した信号を検出装置 29 に送っている。

【0040】

30 は、各装置 27、28、29、31、32、33、34 を制御する主制御装置であり、主制御装置 30 には、検出装置 29 からの情報が入力されている。本実施形態では光源 1 からレチクル 14 に至る各要素は照明光学系の一要素を構

成している。

【0041】

本実施形態の投影露光装置は、照明条件を変更した際に発生する、

・ 投影光学系に入射する照明光の倍率テレセンのズレを補正するとともに、それに加えて

・ 投影光学系に入射する照明光の軸上テレセンのズレ

・ 被照射面上の照度分布の変化

の変化量を互いに独立に補正する機能を設けたことを特徴としている。

【0042】

本発明による投影露光装置は、オブティカルインテグレータ7と被照射面を制限するためのマスキング手段11との間にあるレンズ部材9を駆動させることにより、照明光学系の他の性能を実質的に変化させることなく、投影光学系に入射する照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させ、倍率テレセンを補正する機構になっている。

【0043】

また、軸上テレセンのズレに関しても、オブティカルインテグレータ7より光源1側に設けられた光学系6の調整あるいは挿脱により、前記オブティカルインテグレータ7への入射光束の角度を可変とすることで、補正することができるようになっている。

【0044】

加えて、投影光学系16に入射する照明光の角度分布を測定手段24で検知し、その結果をもとに前記機構によりテレセンのズレを補正させることを行うとともに、倍率テレセンや軸上テレセン補正のため駆動した光学要素によって発生した照度ムラを、上記補正手段とは独立な機構を用いて補正する機構を有している。

【0045】

次に本実施形態における測定手段による投影光学系16から射出する照明光の角度分布の測定方法を示す。尚、投影光学系16へ入射する照明光の角度分布は射出する照明光の角度分布と投影光学系16の倍率等から求めている。

【0046】

まず第1の方法について説明する。例えば画面中心（光軸La位置）における照明光の角度分布を測定する場合、光軸Laの位置のみ僅かに照明光が透過するように、マスキングブレード駆動装置31によりマスキングブレード11を制限する。このとき図4に示すようにディテクター24をほぼ光軸La上の位置に移動すると共に、実際のウエハー面18aから光軸La方向に所定距離だけ下方に位置させる。マスキングブレード11によって制限された照明光のみがウエハー面18aで一旦結像し、その後照射角度を反映したままディテクター24に光が到達する。この光強度をXYステージ20を2次元的に動かしながらディテクター24で測定し、その結果を2次元的にプロットすることによって、照明光の角度分布を判定している。

【0047】

ウエハー面上18aの光軸上以外の点で照明光の角度分布を測定したい場合には、測定したい点のマスキングブレード面内に対応する位置にマスキングブレード11の微小開口部を設定するとともに、ディテクター24の位置が測定位置になるようにXYステージ20を2次元的に移動させ、所定距離だけウエハー面から下方に位置させて計測すればよい。

【0048】

その他、ディテクター24の代わりにCCD（撮像素子）を用いる方法や、ウエハー面上でピンホールを備えた遮光板とCCD等を用いて、照明光の角度分布を判定する方法でもよい。これらに関する詳細な方法については、本出願人が先に特願平9-254386号で提案した方法を用いることができる。

【0049】

次に第2の方法について説明する。

【0050】

図5に示すようにレチクル14には微小開口のレチクルパターン（マーク）が設けてある。51はウエハー18面近傍に入射する光量からの像の位置を検出するためのディテクターである。レチクル14上に設けられた微小開口のレチクルパターン（マーク）を通過し、ウエハー18上に到達する光束の光量をディテク

ター 51 で検出することでパターン像の位置を測定している。

【0051】

これによって、ディテクター 51 を XY ステージ 20 と共に光軸 La 方向にデフォーカスさせながら、その度に像の位置を検出することで、デフォーカスによる像位置のシフトから投影光学系 16 のテレセン度のズレを検出している。

【0052】

次に第 3 の方法について説明する。

【0053】

レジスト等の感光材を塗布したウエハにレチクルパターンを投影露光する。この際に、ショット毎に所定量フォーカスを変化させながら露光する。露光終了後に現像したウエハを、SEM（走査電子顕微鏡）等で所定パターンの像の位置を異なるフォーカス間で観察・比較する。この所定の像のフォーカス毎のシフト量から投影光学系 16 のテレセン度のズレを検出している。

【0054】

以上のように測定した結果、投影光学系 16 の倍率および軸上テレセン度のズレが生じている場合がある。特に、多くの投影露光装置ではある標準的な照明モード A で最も最適な角度特性の照明光が供給できるように照明系の各要素の位置を調整している。しかしながら、各々の照明モードを用いると、それぞれ光路が異なるため、光学素子の反射防止膜の角度特性やムラ、レンズ系の偏心の影響が異なる。この為、例えば斜入射照明法や小  $\sigma$  値等の照明モード A と異なる照明モード B に変えたときには、照明系の各要素が照明モード A と同じでは必ずしも照明光の角度が適切とはならないときがある。

【0055】

次に図 2・図 6（A）に示すように照明光の角度分布がずれている（倍率テレセンがずれている）場合の補正方法を示す。

【0056】

ここでレンズ部材 9 は光軸方向に移動することによって、倍率テレセンがほぼリニアに変化する機構を有している。また、駆動機構と共に倍率テレセンは変化するが、それ以外の性能（照明 NA、有効光源の均一性等）は実質的に変化しな



いようになっている。これにより、レンズ部材 9 は光軸方向に移動することによって、その他の性能とは独立に倍率テレセンのズレを補正することができるようになっている。このときの倍率テレセンがレンズ部材 9 の駆動により可変となる概略図を図 6 (A) に、倍率テレセンの動きを図 6 (B) に示した。

【0057】

この実施例における倍率テレセンのズレを補正する手順を図 7 のフローチャートで示す。

【0058】

上記で示した機構を用いて投影光学系 16 に入射する照明光の光軸上の角度分布を測定する。検出装置 29 から得られた倍率テレセンのズレ量をもとに制御装置 30 はレンズ部材 9 の動かすべき方向および量を演算して、その駆動方向および駆動量に対応した信号をレンズ系駆動装置 32 に送る。レンズ系駆動装置 32 は信号に基づきレンズ部材 9 を所定方向・所定量だけ光軸方向に駆動させる。駆動後再度照明光の角度分布測定を行い、倍率テレセンのズレが最適補正值になっていたら次のステップへ進む。そうでない場合は最適値になるまで上記の手順を繰り返す。

【0059】

次に、図 3・図 8 (A) に示すように軸上テレセンがずれている場合、入射光の方向を修正するには、ウェハー 18 面上とオプティカルインテグレータ 7 の入射面 7a が共役であるから、オプティカルインテグレータ 7 に入射する光束の方向を変えてやれば良い。

【0060】

本実施形態では変更手段としての光学系 6 を移動、もしくは挿脱することにより、この作用を実現させている (図 8 (B))。

【0061】

この実施形態における軸上テレセンのズレを補正する手順を図 9 のフローチャートで示しており、具体的な方法は本出願人が先に提出した特願平 9-254386 号で提案した方法を用いることができる。

【0062】

また、照明光の角度分布測定値において、倍率テレセンのズレと軸上テレセンのズレが同時に生じていることも考えられる。この場合は、照明光の入射角度のズレを、倍率テレセン成分および軸上テレセン成分に分解し、それぞれに対し、上記の手順を組み合わせて補正を行えばよい。テレセンのズレの測定値からの倍率テレセンのズレ、および軸上テレセンのズレの分離は、倍率成分を表す関数と、シフト成分を表す関数による最小二乗法等の演算により、容易に行うことができる。

## 【0063】

照明光の角度分布が最適になったら、ディテクター24を用いて照度ムラの測定を行い、規格値を満足しているかどうか確認を行う。レンズ系6を駆動したことにより、オプティカルインテグレータ7の入射面での照度分布が変化するため、被照射面（ウェハー面18）での照度分布が悪化する可能性があるからである。照度ムラが規格値を満たしていれば終了する。もし照度ムラが規格値を満足していなければ、その測定値をもとに制御装置30で演算を行い、レンズ6を駆動装置34で駆動させて照度ムラを補正する。その後再度照度ムラ測定を行い、規格値を満たしていれば終了、そうでない場合は規格値を満足するまで照度ムラ補正の手順を実行する。

## 【0064】

照度ムラ補正手段としては本出願人が特開平09-190969号で提案した、照射光の入射角度によって透過率が異なるコーティングを施したクサビ状の光学素子あるいは傾けた平行平面板を絞り8に設ける方法がある。この方法を用いれば、照明モードの切替に伴い、照度ムラの補正効果も切り替えられるため、絞り8に装着した光学素子を最適に設定しておくことで、照度ムラを最適化できる。

## 【0065】

他の照度ムラ補正手段として図11に示すような、本出願人が特願平09-126335号で提案したオプティカルインテグレータ7の入射面7aにNDフィルター等の光学フィルター61を設け、その光学フィルター61を駆動させて補正する手段（不図示）が適用できる。照明モード変更の際にこの光学フィルター

61 を最適位置へ駆動させれば、照度ムラを最小化することが可能となる。

【0066】

以上の照度ムラ補正手段の例はステップアンドリピート型の投影露光装置を示しているが、ステップアンドスキャン型の走査型投影露光装置の場合にはレチクルステージ15およびXYステージ20と同期して走査されるマスキングブレード11の近傍に、スリット幅がスキャン方向に任意に変であるスリットを設けることによって照度ムラ補正を行える。この手段による照度ムラの補正の方法の概略図を図12に示す。あるスリット位置でのスキャンによる積算露光量を $I_0$ 、 $I_1$ とする。それに対応する位置の可変スリット71の幅を各々 $D_0$ 、 $D_1$ としたとき、

$$I_0 * D_0 = I_1 * D_1$$

となるように決めることによって、スキャンした際に被照射面における積算露光量、すなわち照度分布を均一にできる。

【0067】

以上の倍率テレセン・軸上テレセンの直列的な補正手順、およびそれらの補正により生じた照度ムラの補正手順を図10のフローチャートに示す。

【0068】

本実施形態は有効光源形成のための光源が水銀ランプによるものを図示しているが、レーザー等による有効光源形成も本実施形態と何ら構造的に異なるものではない。

【0069】

次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0070】

図13は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0071】

ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0072】

一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0073】

次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。

【0074】

ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0075】

図14は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0076】

ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0077】

ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0078】

本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0079】

【発明の効果】

本発明によれば以上のように各要素を特定することによって、照明モードや照明条件を種々と変更した際に発生する倍率テレセンのズレ、および軸上テレセンのズレを互いに独立に補正することによって、照明光を最適な角度で供給することができ、高解像度のパターン像が得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0080】

また、これらを補正するための一手段として、照射光の角度分布を測定する機能を用い、その測定結果を元にフィードバック補正を行えるようにしている。

【0081】

さらに、以上のようなテレセンのズレを補正することによって発生した照度ムラを、テレセン補正の機能とは独立に補正する機構を構成することで、被照射面での照度均一性をも保ち、レチクル面上の各種のパターンをウエハー面上に安定して高い解像力で投影できる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0082】

この他本発明によれば、投影光学系に入射する露光光の角度分布、または露光光の入射角度のズレを測定し、その測定結果を元に照明系を構成する一部の光学部材を駆動あるいは挿脱することにより、照明モードや照明条件を種々と変更しても倍率テレセンおよび軸上テレセンのズレを互いに独立に最小とし、併せて発生する照度ムラを補正することが可能となり、レチクル面上の各種のパターンをウエハー上に安定して高い解像力で投影することができる投影露光装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態の光学系の概略図

【図2】

本発明に係る倍率テレセンのズレを示す説明図

【図 3】

本発明に係る軸上テレセンのズレを示す説明図

【図 4】

本発明の実施形態の照明光の角度分布の測定方法を示す説明図

【図 5】

本発明の他の実施形態例を示す説明図

【図 6】

本発明に係る倍率テレセン補正機構の要部概略図

【図 7】

本発明の実施形態の倍率テレセンの補正手順を示すフローチャート

【図 8】

本発明に係る軸上テレセン補正機構の要部概略図

【図 9】

本発明に係る軸上テレセンの補正手順を示すフローチャート

【図 10】

本発明に係る倍率テレセン・軸上テレセン・照度ムラの補正を直列的に行うフローチャート

【図 11】

本発明に係る光学フィルターを用いた照度ムラ補正手段を示す説明図

【図 12】

本発明に係る走査露光装置の場合の照度ムラ補正手段を示す説明図

【図 13】

本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図 14】

本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

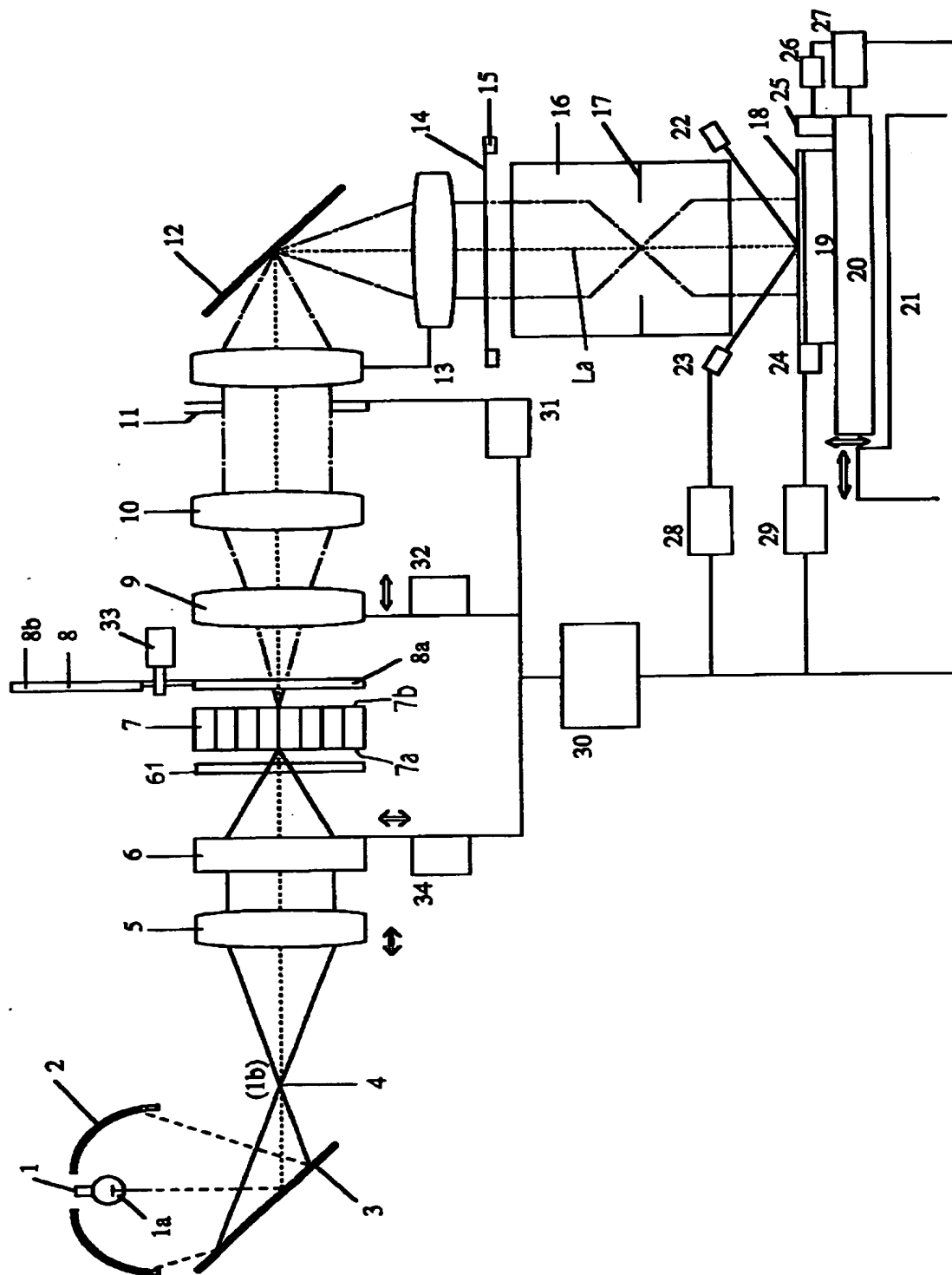
【符号の説明】

- 1 水銀ランプ（光源）
- 2 楕円ミラー
- 3 コールドミラー

- 4 楕円ミラー2 の第2 焦点
- 5 光学系
- 6 光学系
- 7 オプティカルインテグレータ
- 8 絞り
- 9 レンズ部材
- 10 レンズ
- 11 マスキングブレード
- 12 ミラー
- 13 結像レンズ
- 14 レチクル
- 15 レチクルステージ
- 16 投影光学系（投影レンズ）
- 17 投影レンズ瞳
- 18 ウエハー
- 19 ウエハーチャック
- 20 XYステージ
- 21 定盤
- 24 ディテクター
- 51 ディテクター
- 61 光学フィルター
- 62 透過率調整部（NDフィルター）
- 71 可変スリット

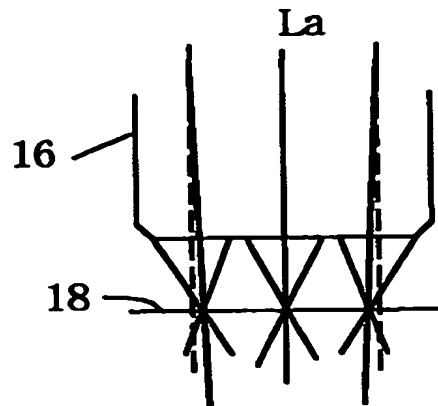
【書類名】 図面

【図 1】



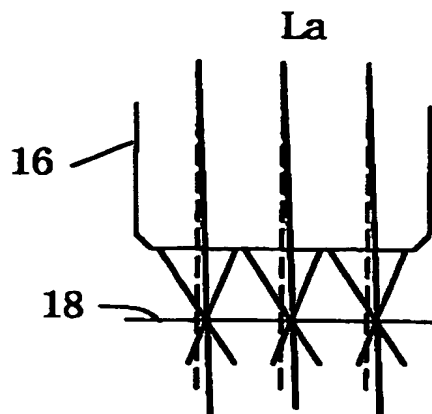


【図2】



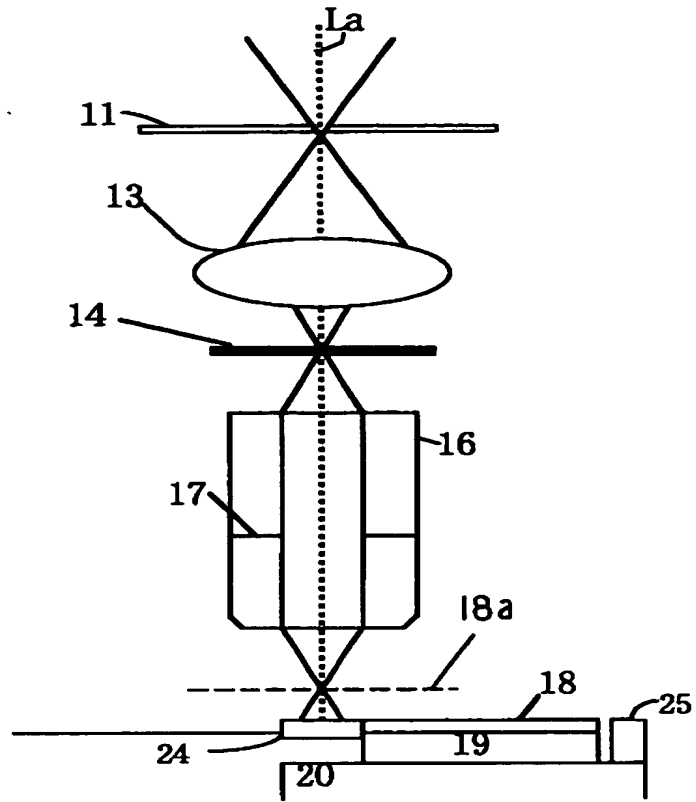
破線が光軸，もしくは光軸に平行であることを示す。

【図3】

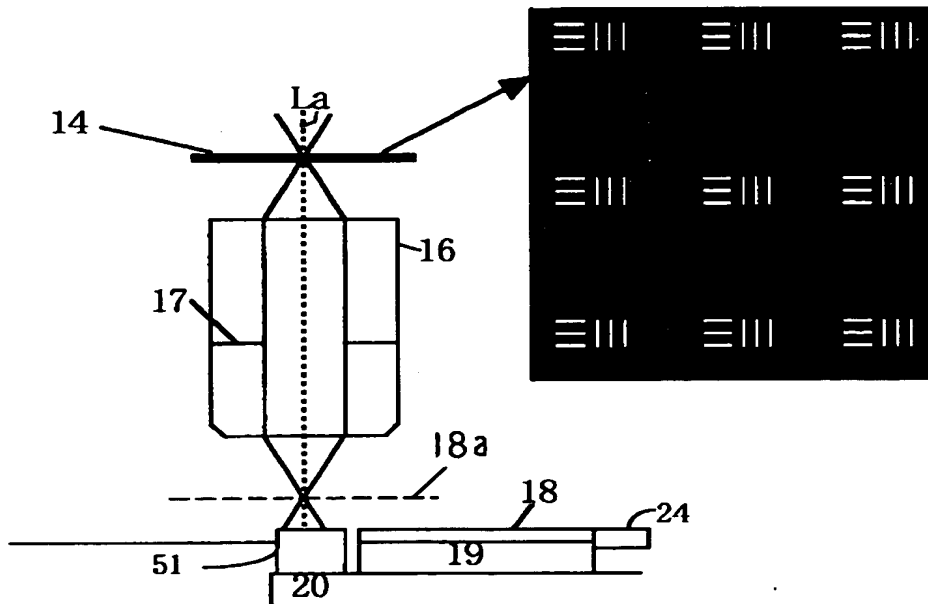


破線が光軸，もしくは光軸に平行であることを示す。

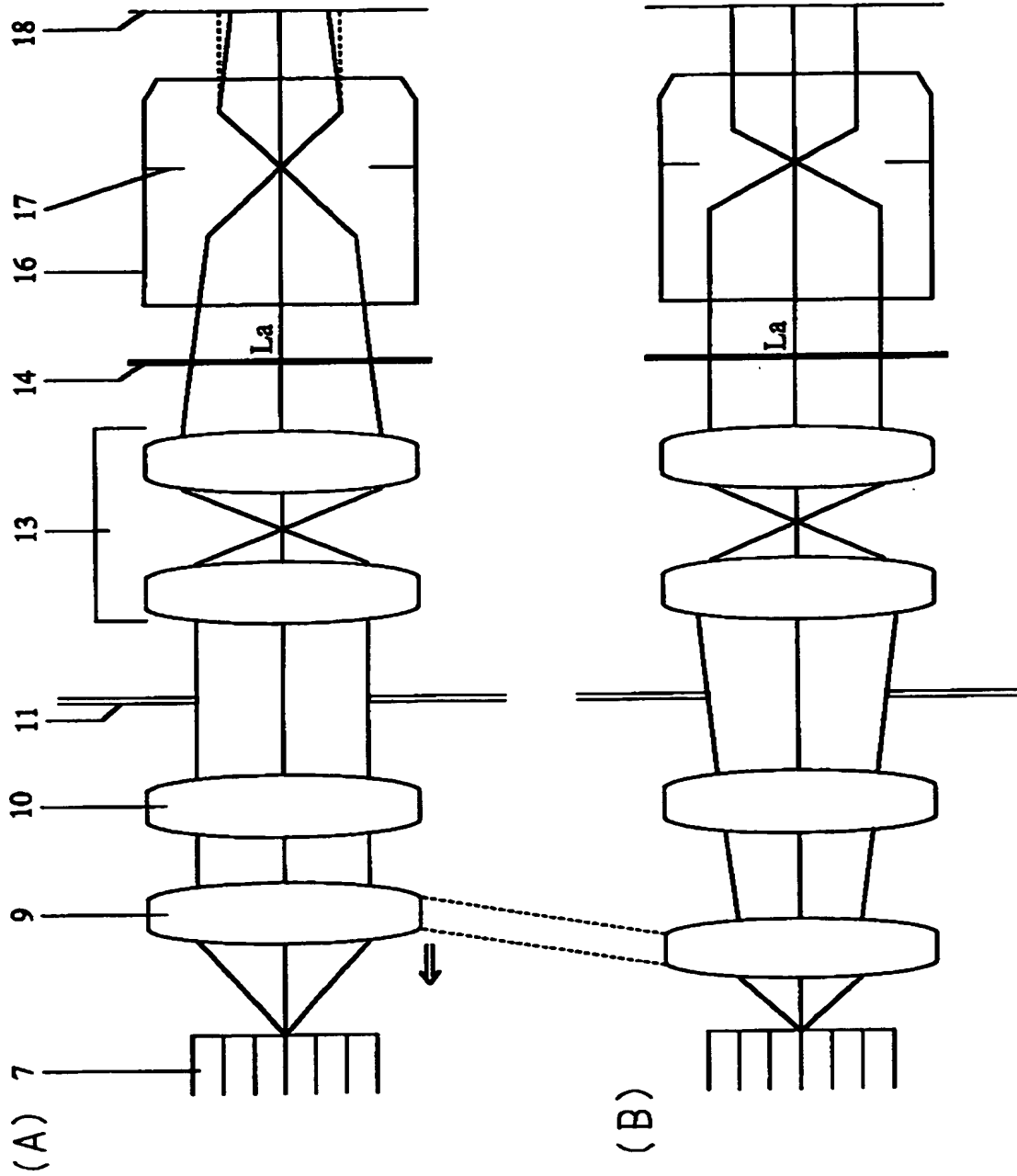
【図4】



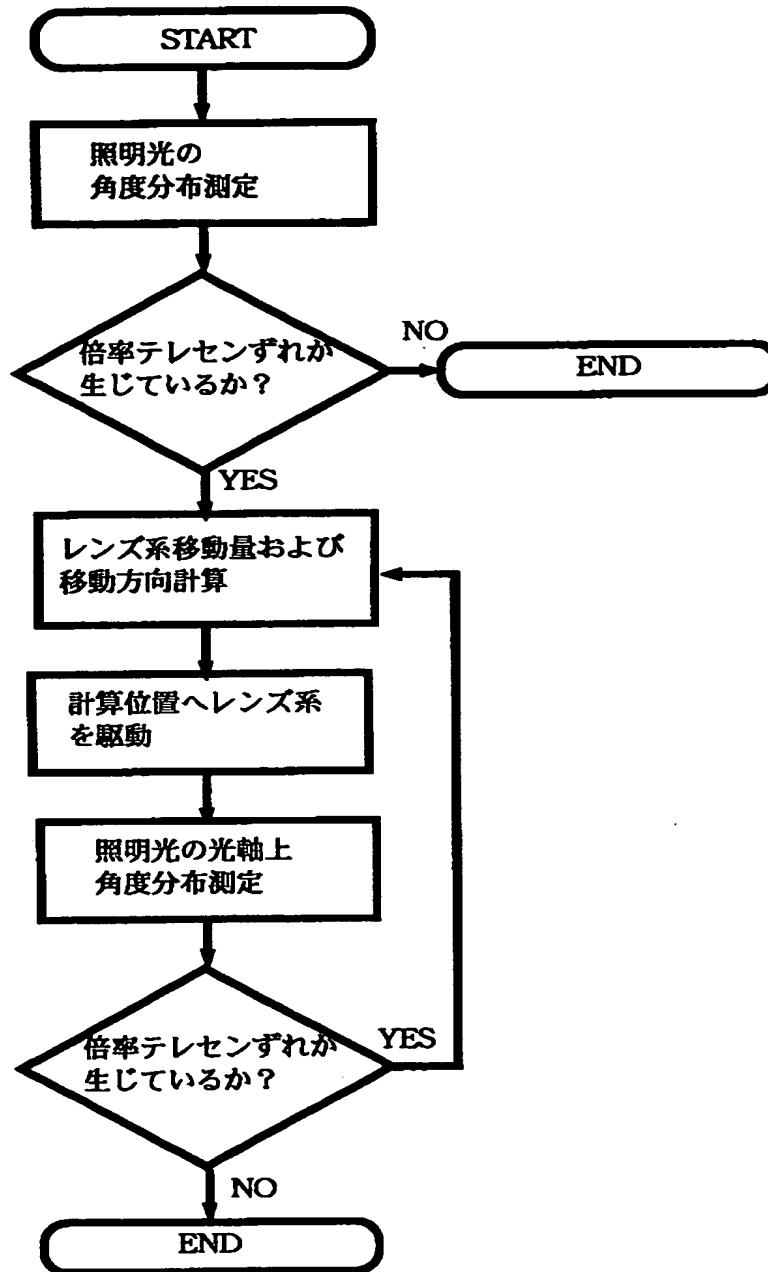
【図5】



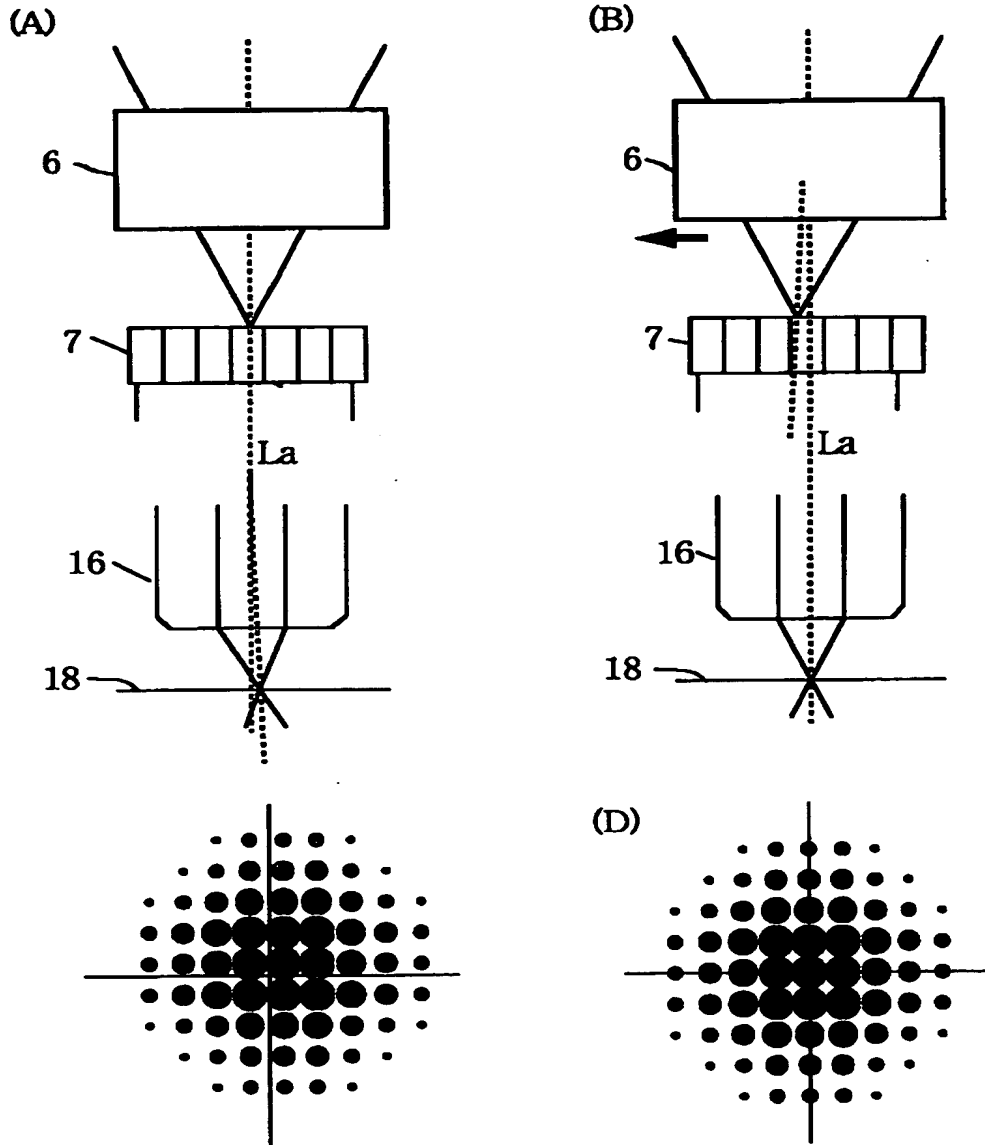
【図 6】



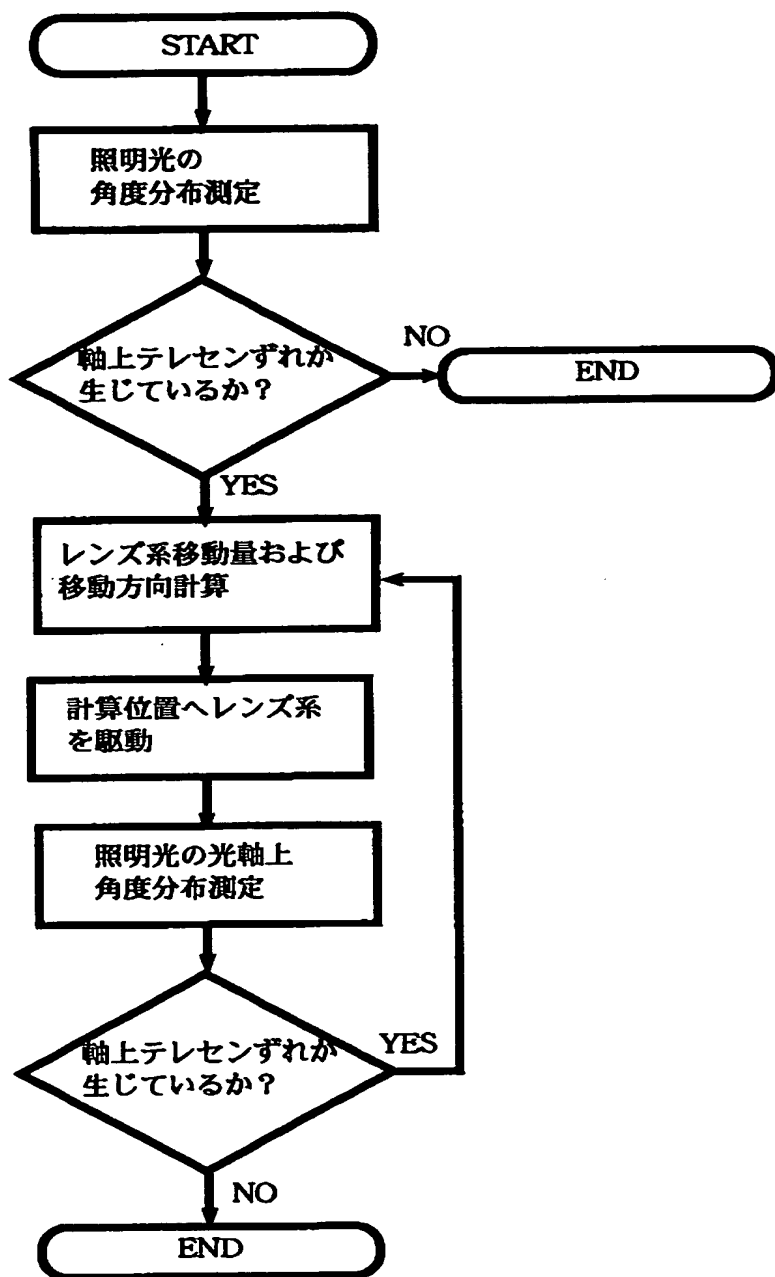
【図 7】



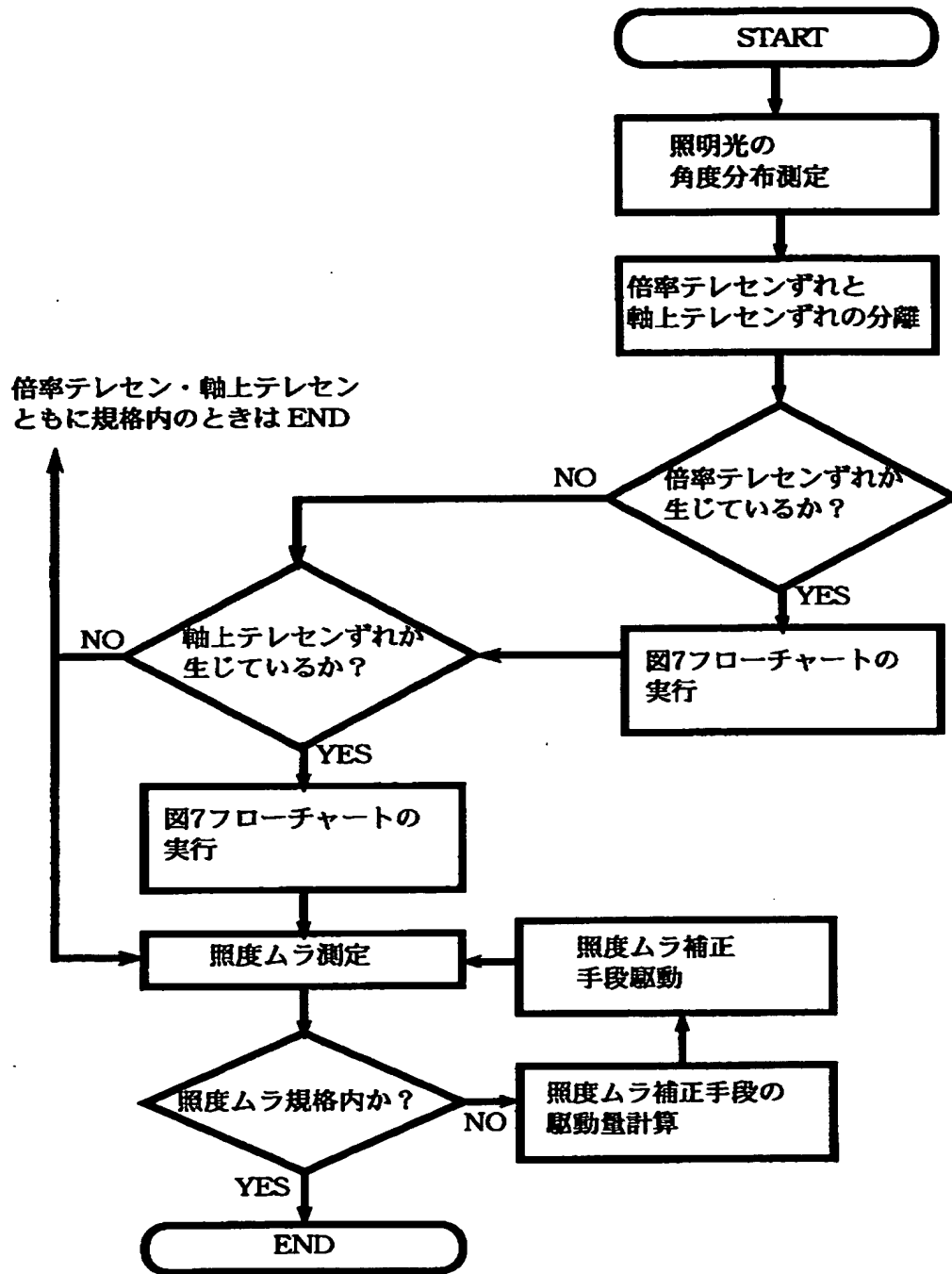
【図 8】



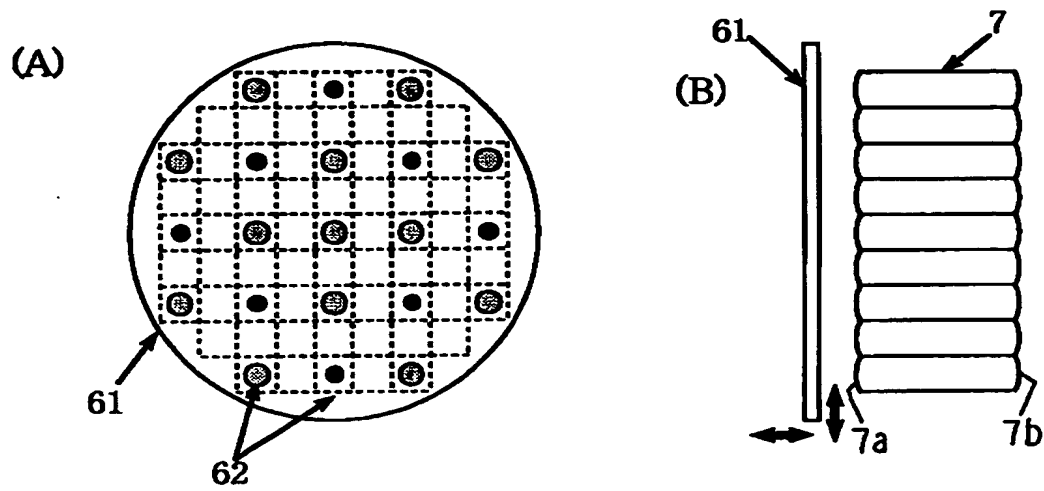
【図9】



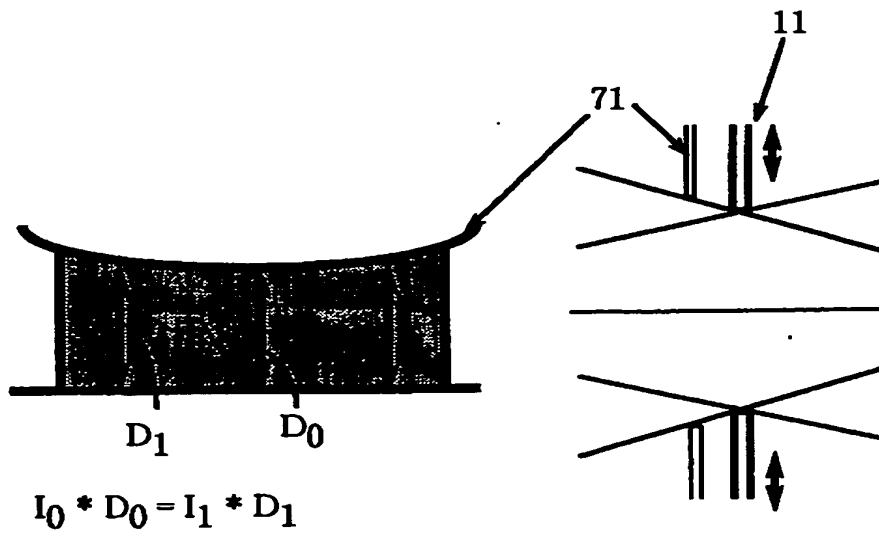
【図 10】



【図 11】

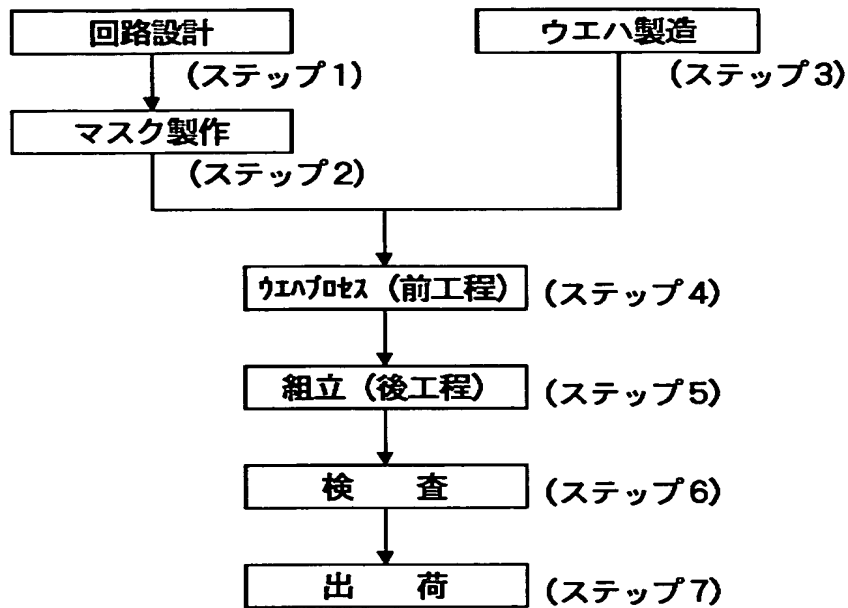


【図 12】

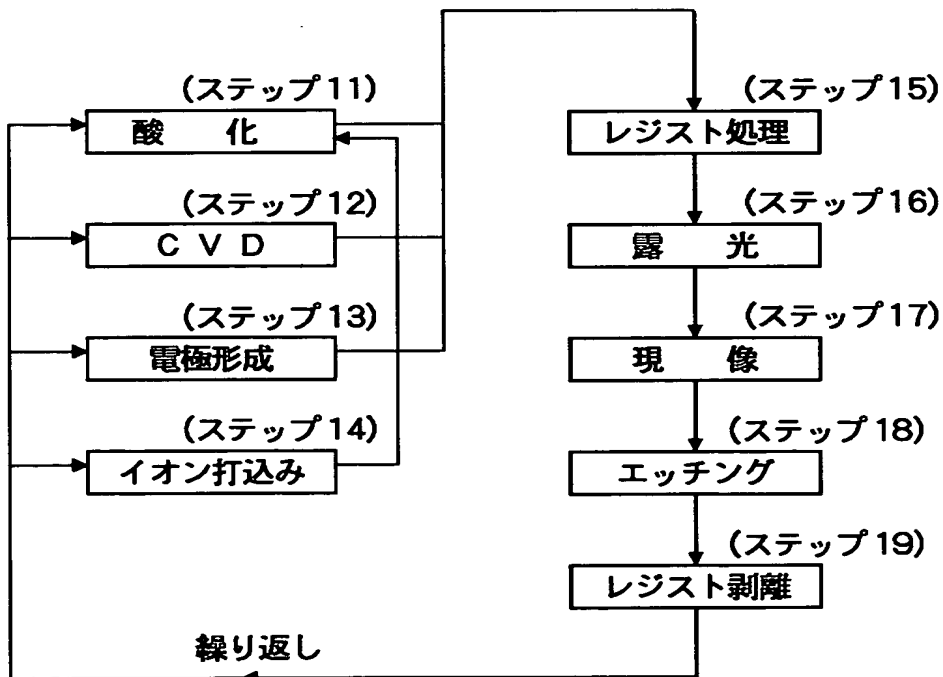




【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レチクル面上のパターンを種々な照明モードで照明しても常に高い解像力が得られる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を得ること。

【解決手段】 パターンが形成されたレチクルを照明する照明光学系と、該パターンを基板上に投影する投影光学系と、該投影光学系に入射する照明光の角度分布を測定する測定手段とを有し、該測定手段の測定結果に基づいて、前記照明光学系の一部の光学部材を光軸方向に移動させることにより、前記投影光学系に入射する照明光の角度分布を光軸中心に倍率的に変化させること。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100086818

【住所又は居所】 東京都目黒区自由が丘2丁目9番23号 ラポール

自由が丘301号 高梨特許事務所

【氏名又は名称】 高梨 幸雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社